

Planering och tillverkning av svetsningsstation

Matias Mannfolk

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Automationsteknik och IT

Raseborg 2012



EXAMENSARBETE

Författare: Matias Mannfolk
Utbildningsprogram och ort: Automationsteknik och IT, Raseborg
Inriktningsalternativ/Fördjupning: Datorstödd tillverkning
Handledare: Håkan Bjurström

Titel: Planering och tillverkning av svetsningsstation

Datum 9.5.2012 Sidantal 29 Bilagor 4

Sammanfattning

Datorstödd tillverkning, eller CAM, är idag en självklarhet inom tillverkningsindustrin. Mitt arbete beskriver planeringen och tillverkningen av transportbord och förvaringsbord för en svetsningsstation. Syftet var att tillverka borden på ett sätt som underlättade tillverkningen av borden på verkstaden och att så lite överlopps stål som möjligt blev kvar. Med arbetet strävade vi efter att inga delar skulle överdimensioneras, och detta innebar en del räknande kring hållfastheterna av de delar som tillverkades. Eftersom man betalar för antal kilogram stål som man beställer, var det även i vårt intresse att inte heller beställa överdimensionerat stål.

Arbetet gjordes för Protoni-Engineering Oy i Ylöjärvi och en del av planeringen gjordes tillsammans med arbetarna på företaget. Som planeringsredskap användes Autodesk Inventor och som konstruktionsmaterial användes stål.

Resultatet var vi nöjda med, men tidtabellen överskreds. Tillverkningen av bordet hölls inom budgeten och enbart några kilogram stålmaterial blev över.

Språk: Svenska Nyckelord: CAM, BOM, Svetsning, Robotar

BACHELOR'S THESIS

Author: Matias Mannfolk
Degree Programme: Automation and IT, Raseborg
Specialization: Design and Manufacturing
Supervisors: Håkan Bjurström

Title: Design and Manufacturing of Welding Station/ Planering och tillverkning av svetsningsstation

Date	9 May 2012	Number of pages	29	Appendices	4
------	------------	-----------------	----	------------	---

Summary

Computer-aided manufacturing, or CAM, is today a commonly used tool in the manufacturing industry. During my work with the conveyer belt and the storage table for the welding station, I was asked to plan and monitor the manufacturing process from start to finish. The aim was to produce the tables in such a way that the production of tables in the workshop would go smoothly, and as little as possible of the left over steel would remain. With the work we aimed to ensure that no part would be oversized, and that meant doing some calculations of the dimensions of the parts manufactured, and since one pays for the number of kilos of steel you order, it was also in our interest not to order any oversized steel beams.

The work was done at Protoni-Engineering Oy in Ylöjärvi and part of the planning was done together with the employees at the company. Autodesk Inventor was used for the design, and steel was used as the engineering material.

In the end we were happy with the results, but the schedule was exceeded. We managed to keep the production of the tables within the budget and only a few kilos of steel were left over. The production of the tables began, but was not finished in time before this work was done. The reason for the delay was mainly the long delivery time of some components.

Language:	Swedish	Key words:	CAM, BOM, Welding, Robot
-----------	---------	------------	--------------------------

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Problemformulering	2
1.2 Mål för uppdraget.....	2
2. Produktutveckling	3
3. Protoni-Engineering Oy.....	7
4. Svetsningsstationen	7
4.1 Svetsningsstationens delstationer	9
4.2 Svetsning.....	10
4.3 Svetsningsrobotar	12
4.3.1 Säkerhet kring robotar	12
5. Kravspecifikation	15
6. Transportbordet.....	15
6.1 Planering.....	16
6.1.1 Val av drivmotor och växel.....	24
6.2 Tillverkning av överföringsrullen	24
7. Förvaringsborden	26
8. Diskussion.....	28
Källor.....	29
Bilagor	

1. Inledning

” Engineering design is the total activity necessary to establish and define solutions to problems not solved before, or new solutions to problems which have previously been solved in a different way. The engineering designer uses intellectual ability to apply scientific knowledge and ensure the product satisfies an agreed market need and product design specification whilst permitting manufacture by optimum method. The design activity is not complete until the resulting product is in use providing an acceptable level of performance and with clearly identified methods of disposal.”

-Institution of Engineering Designers & SEED Ltd (Sharing Experience in Engineering Design)

Utveckling och planering med hjälp av 3D-modellering, CAM, computer aided manufacturing, har i dagens värld blivit en självklarhet inom industrin på grund av ökade krav på produkter och större konkurrens. Idag gör man offerter med allt noggrannare beräkningar vad det gäller tid, kostnad, vikt och material.

Efter min praktik i Tyskland fick jag ett erbjudande av ett mindre företag i Finland som tillverkar produkter och maskiner som underleverantör till olika företag i Finland och Tyskland. Som uppgift fick jag att planera och övervaka tillverkningen av en prototyp för transport- och förvaringsbord till en svetsningsstation.

Redan i planeringsskedet gjorde jag hållfasthetsberäkningar och efter att planeringsarbetet blivit färdigt fick jag även till uppgift att skicka ut offertförfrågningar på materialet och komponenter till båda borden.

Protoni-Engineering hoppades på att svetsningsstationen skulle bli en av deras egna produkter, som i framtiden skulle säljas till företag som behövde liknande koncept.

I arbetet benämns ingenjörer som arbetar med produktutveckling och desing för utvecklingsingenjörer.

1.1 Problemformulering

Beställningen gjordes för ett företag som tillverkar bergskor, som används då man fäster pelare i bergbotten, se figur 1.

Bergskon är uppbyggd av flera utskurna stålbitar som svetsas samman till en helhet med sammanlagt över 30 svetsfogar på ett stycke. Eftersom Leimet Oy tillverkar 40 000 – 70 000 stycken bergskor per år och svetsningsfogarna i princip är samma för varje bergsko är robotsvetsning en mycket fungerande lösning. Fördelen med en svetsningsanläggning är att tiden från lösa delar till färdig produkt minskar märkbart.

För att maximera sin tillverkning, ville företaget Leimet ha en svetsningsstation till, och eftersom svetsningsrobotarna på grund av strålningen från svetsningen måste svetsa i ett avskärmat område, måste laddningen av nya delar samt avlastning av den färdiga produkten ske på ett säkert avstånd från robotarna.



Figur 1. Bergsko av Leimet; Tagen från Leimets hemsida

1.2 Mål för uppdraget

Uppdraget var att med hjälp av CAD-programmet Autodesk Inventor rita och planera två transportbord och två förvaringsbord för de lösa metalldelarna. Transportbordet skulle transportera den färdigt svetsade produkten från svetsningsstationen till avlastningsplatsen. Bordet skulle drivas med en elmotor och kunna transportera produkter med sammanlagd vikt på upp till 240 kg.

Förvaringsborden skulle fungera med transportbandsrullar och kunna hålla en vikt på ungefär 500 kg/våning. Alla borden skulle tillverkas, så långt som möjligt, av samma material, på ett prislösamt sätt och på ett sätt som främjar tillverkningsprocessen.

Längden på transportbordet skulle vara 3000 mm långt och 1200 mm brett, och förvaringsborden skulle vara 1500 mm långa och tillräckligt breda för att kunna förvara ett flak.

2. Produktutveckling

Att studera historia har två syften. Misstagen som gjordes av tidigare generationer bör inte upprepas, och det upptäckter som människor tidigare gjort kan vi ha nytta av i dagens värld. Det skriver Ken Hurst i boken *Engineering Design Principles* (1999). Vidare skriver han att ingenjörer fungerar på liknande sätt då de utvecklar produkter.

De flesta ingenjörer går igenom livet utan att utveckla någon helt egen produkt, deras jobb är att vidareutveckla de produkter som redan finns, och för att kunna göra detta måste en ingenjör studera historien av produkten och andra produkter för att undvika att uppfinna hjulet två gånger.

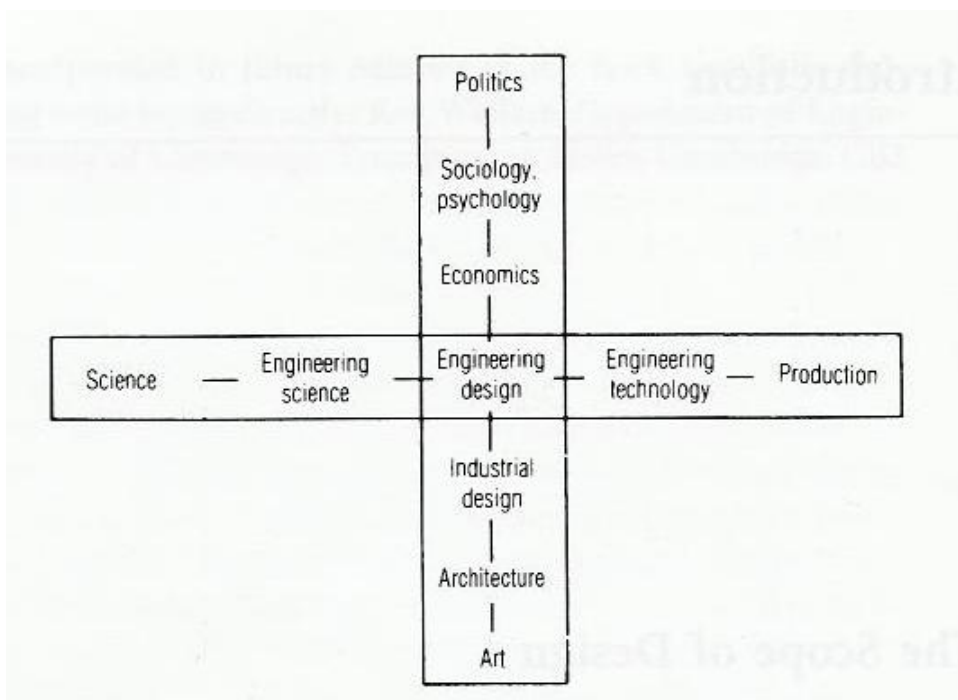
Det kan komma som en överraskning för unga ingenjörer och omvärlden då de märker hur få procent av besluten som görs av en utvecklingsingenjör som baserar sig på ren kunskap av ett specifikt ämne. Det stämmer att det flesta beslut som fattas stöds av vetenskap, men utvecklingsingenjörers kunskap består av flera olika delområden och i många fall testar man sig fram.

I till exempel kemi kan olika teorier testas och skapas genom laborationer, för en utvecklingsingenjör är det inte möjligt. För att kunna lyckas bra som en utvecklingsingenjör bör man ha kunskap från flera delområden, se figur 2.

G.Pahl och W. Beitz skriver i boken *Engineering Design, A Systematic Approach* (1995) att design är en kreativ aktivitet där man bör ha baskunskaper i matematik, fysik, kemi, mekanik, termodynamik, hydraulik, el, produktion, materialteknik och design. Däröver räknar boken upp en del andra områden där utvecklingsingenjörer bör ha en insyn, bland

annat ekonomi och grupparbete.

Ken Hurst skriver i sin bok att utvecklingsingenjörer dessutom bör vara bra på att kommunicera. Detta kan ha att göra med att en produkt sällan utvecklas av enbart en person, och många faktorer spelar en viktig roll i utvecklingsprocessen.



Figur 2. Figuren visar delområden som en utvecklingsingenjör bör behärska. Bilden är tagen från boken *Engineering Design, A systematic Approach*.

För att lyckas med en nyutvecklad produkt måste flera faktorer fungera. En framgångsrik produkt har bakom sig en fungerande process, vi kommer nu att ta upp en av många processer.

I boken *Engineering Design Principles* (1999) skriver Ken Hurst, som ovan nämndes att flera faktorer spelar en viktig roll i produktutvecklingsprocessen för att göra slutprodukten lyckad. Till exempel pålitlighet, leverans, uppgift och produktunderhåll är faktorer som påverkar på efterfrågan. Många av dessa uppnås av en väl uttänkt design.

Designprocessen, se figur 3, kan i sin enklaste form fungera som en generell problemlösningsprocess som kan implementeras i flera olika problem, inte bara produktutvecklingsproblem. (Hurst, 1999, sida 8).

Vida måste man beakta att processen i sig själv inte löser problemet, utan syftet med

processen är att fungera som stöd för personen. Utan en modellprocess är risken stor att ingenjören, då han första gången försöker tackla ett produktutvecklingsproblem och ett blankt papper kanske inte vet var han ska börja. Idén bakom processen är att göra arbetet lättare att börja, samt att enklare kunna hålla sig inom ramen för önskemål under arbetets gång. (Hurst, 1999, sida 8). Figur 3 visar ett av många exempel på en modellprocess för design.

Processen skall självklart inte följas blint. En produktutvecklingsprocess är som en upptäcktsfärd. Mer och mer information upptäcks och mer kunskap om design och produkten samlas. Det finns aldrig en unik lösning till ett problem. Han skriver även att informationen som samlas under en produktutvecklingsprocess skall tas med till nästa. Övning ger färdighet. (Hurst, 1999, 10)

Senare i boken varnar Hurst för att följa en modellprocess steg för steg. I vissa fall kan det fungera så, men oftast kan ett nytt steg påbörjas innan det första är klart.

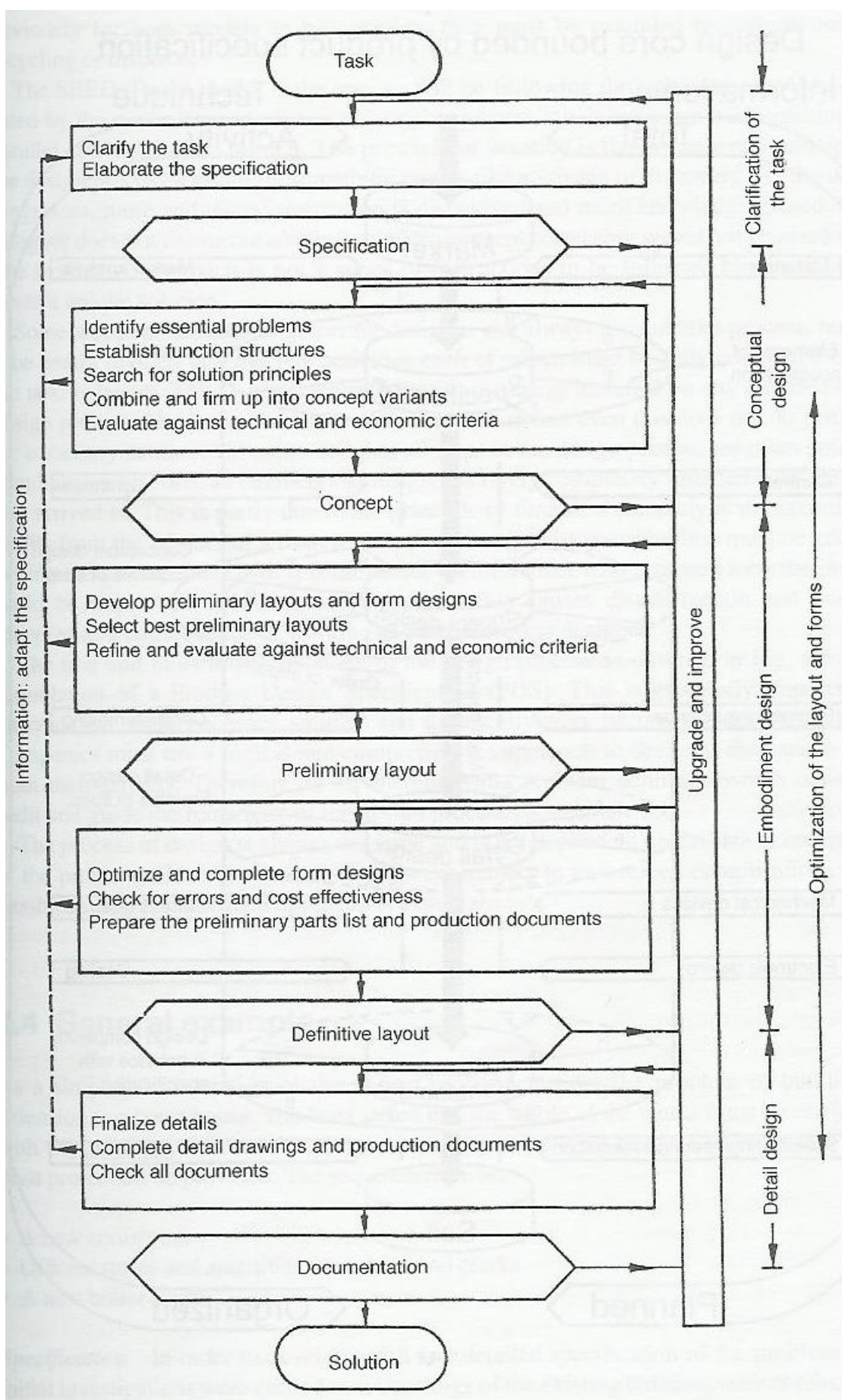
Produktutveckling är inte alltid en successiv process, eller en process där helan kan delas i små delar, ett steg behöver inte vara fullt färdigt innan nästa påbörjas. Detta är orsaken till att man ger feedback. Hurst skriver vidare att man bör ta i beaktande att utvecklingsingenjören sällan är helt nöjd med det svar som han kommit fram till. Orsaken till detta är oftast tid. För att företaget skall göra maximal vinst måste tiden till att produkten lanseras vara så kort som möjlig. Att inte vara nöjd med sitt arbete är något en utvecklingsingenjör får leva med. (Hurst, 1999)

Det viktigaste steget för en utvecklingsingenjör är det tredje steget i processen nedan. Det vill säga Product Design Specification (PDS). Detta är enligt Hurst viktigt då konkurrensen ute i världen blir hårdare och utbyte av kunskap blir lättare.

Produktutvecklingsprocessen är den samma oavsett storleken på företaget, eller svårighetsgraden på problemet. Man måste dock räkna med komplikationer, vilket gör att ett flexibelt sätt att närma sig problemet är viktigt. (Hurst, 1999, sida 11)

"It's kind of fun to do the impossible"

-Walt Disney



Figur 3. Pahl och Beritz' modell på designprocessen. Bilden är tagen från boken, *Engineering Design Principles*

3. Protoni-Engineering Oy

Protoni-Engineering Oy är ett företag som grundades 2006 av Toni Nieminen som fungerar som företagets verkställande direktör och grundare. Efter att han själv blivit färdig och arbetat några år ville han prova på nya utmaningar och testa sina kunskaper. Företaget anställer idag 15 personer med två personer som jobbar med planering och produktutveckling.

Protoni-Engineering jobbar som underleverantör till olika företag och specialiserar sig på aluminiumsvetsning och maskinbearbetning. Efterfrågan på företag inom branschen finns, men den ekonomiska nedgången under 2008, och den ostabila marknaden tar hårt på just mindre företag som Protoni-Engineering. Trots det har företaget lyckats göra bra ifrån sig under de senaste åren.

Idag finns största andelen av kunderna i Finland, men dörrarna till Europa är öppna då man redan i nuläget exporterar brandbilsstegar av aluminium till ett företag i Tyskland.

Företaget flyttade in till nya utrymmen och funktionerar idag med ett maskinpark som säkrar att företaget kan utföra det mesta av arbetet, från planering till en färdig produkt, i sin egen hall.

4. Svetsningsstationen

Tanken bakom anskaffningen av svetsningsrobotar är önskan att öka sitt produktionsflöde och på så sätt öka omsättningen. Det kostar att inverstera i robotar vilket gör det ytterst viktigt att man utnyttjar robotens kapacitet maximalt. Detta betyder att man strävar efter att undvika att ha en robot och ”vänta” på sin tur eller stå stilla. Leimet Oy har idag fem svetsningsstationer från tidigare, och stillastående robotar är inget man vill se i sin produktionslinje.

Syftet med svetsningsstationen är att på ”löpande” band kunna erbjuda roboten delar att svetsa.

Stationen fungerar så att tre robotar, se figur 4, och halva svetsningsbordet samt ena transportbordet är avskärmade från resten av fabriksgolvet på grund av

svetsningsstrålningen. Två robotar svetsar på ena halvan, medan den halvan, som är utanför avskärningsområdet, laddas med metallbitar som senare ska svetsas. Se figur 4.

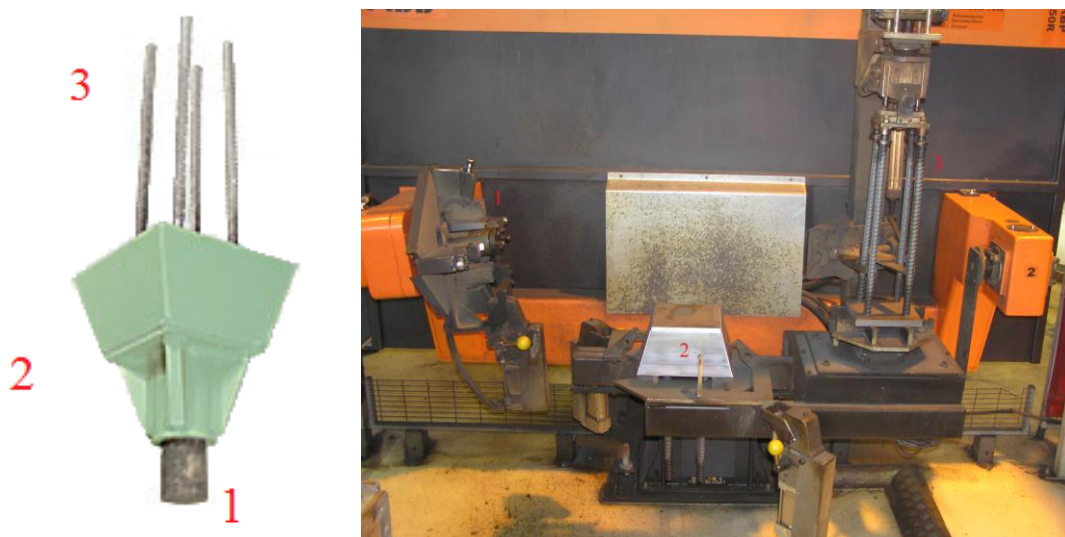
Bergskon svetsas först i tre olika delar, delarna 1, 2, och 3, se figur 4. Endast två av de tre robotarna svetsar, medan den tredje är till för att flytta runt delarna och att hålla bergskon i luften medan de sista svetsfogarna svetsas.

Då svetsningsstationen körs för första gången svetsas enbart delstation 3.

Då bordet snurrar runt för sin första laddning är delstationerna 1 och 2 tomma. På laddningssidan flyttas de svetsade delarna för hand från delstation 3 till delstation 2, varefter man lägger till fyra stycken sidoväggar så att en ”låda” bildas runt delarna från delstation 3. På samma gång lägger man till nya metallbitar i delstationerna 1 och 3.

Bordet snurras nu med hjälp av en elmotor 180 grader så att laddningssidan hamnar på svetsningssidan. Delstationerna 1 och 3 svetsas först. Den roboten som är först färdig, svetsar sedan delarna på delstation 2. Då delstation 1 är färdig kommer del 1 att flyttas av robotarmen till delstation 2, där delarna 1 och 2 ”häftas” fast i varandra. Därefter kommer roboten som är avsedd för flyttning att plocka upp hela bergskon så att ena roboten kan svetsa de kvarstående sömmarna i luften.

Sedan flyttas den färdiga bergskon på transportbandet samtidigt som bordet igen snurrar 180 grader, och de nyladdade delarna svetsas igen. Tiden som det tar från att delarna laddas till att de ligger på transportbandet varierar, men i regel tar det ungefär 10 minuter.



Figur 4. Bild på svetsningsstationen från laddningssidan. Laddningen av metalldelarna görs för hand medan andra sidan av bordet svetsas.

4.1 Svetsningsstationens delstationer

En svetsningsstation består av sex delstationer, tre på vardera sida av bordet. Delstation 1, se figur 2, är stationen där kronan, det vill säga toppen på bergskon svetsas. Stationen består av fyra klämmare som styrs med lufttryck och en stoppare på ändan som hindrar kronan att röra sig under svetsningen. Stopparen fälls automatiskt ner då roboten har svetsat färdigt och produkten är färdig att flyttas.

Delstation 2 är en stödställning där väggarna på bergskon svetsas. Låsningen sker vid ställningens motsatta hörn med lufttryck, Se figur 4. Det är hit man flyttar delarna från delstation 3.

Stöden trycks mot väggarna medan bergskon svetsas och lyfts upp innan bergskon plockas upp av roboten. Ställningens storlek är konstant även om storleken på del 3 varierar, lutningen på väggarna är det enda som ändras.

Delstation 3 innehåller mest rörliga delar, men dess uppgift är enkel. Delstation 3 laddas så att man lägger en 20 mm plåtskiva på en trappliknande ställning, längst ner i figur 5.

Ställningen ser ut som en trappa för att möjliggöra att olika storlekars skivor kan läggas på en och samma ställning, se figur 6. Stålstängerna hålls på plats genom att ställningen trycker benen mot plåtskivan, benen stöds av en ställning som rör sig i sidled lite ovanför plåtskivan. Längden på stålstängerna varierar inte, vilket möjliggör att ställningen, som trycker benen mot skivan, stannar då trycket i pneumatikcylindern blir för stort.



Figur 5. Delstation 3 på svetsningsstationen



Figur 6. Nedre ställningne och stödet som håller stålbenen på plats

4.2 Svetsning

Svetsning är en gammal metod som förekom redan under bronsåldern då man trycksvetsade ihop små lådor av guld. (Rotech Tooling, 30.1.2012)

Trycksvetsning kan göras på två sätt, antingen genom kallsvetsning eller genom varmtryckssvetsning. Varmtryckssvetsning fungerar så att man värmer upp två, oftast,

metallstycken, till vältemperaturen, varefter man pressar ihop bitarna. Metoden används bland annat vid sammanfogning av tågräls.

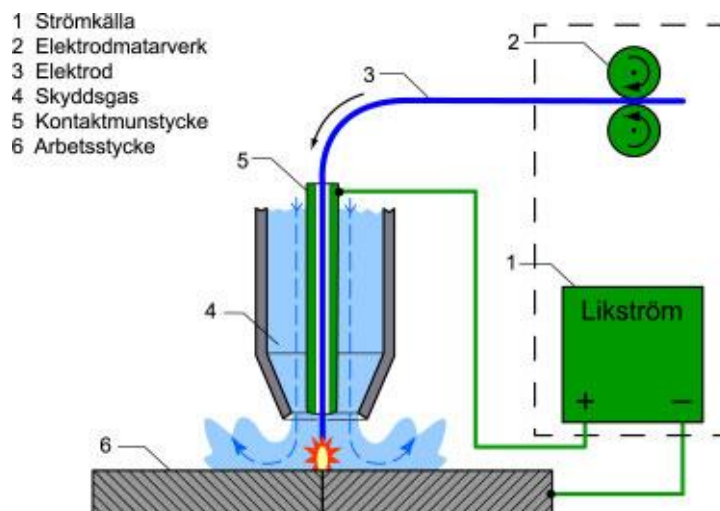
Kalltryckssvetsning fungerar på samma sätt, men ingen värme tillsätts. Denna metod har även ifrågasatts som svetsningsmetod eftersom varken värme eller elektricitet, som normalt kännetecknar svetsning, finns närvarande under svetsningen.

I huvudsak innebär svetsning att två metallbitar värms upp till en temperatur under smältpunkten, eller värms upp till smältpunkten på ett visst område, och sedan tillförs ett tillsatsmaterial.

Fördelarna med svetsning är att förbandet är mycket starkt jämfört med till exempel lim eller nit och bitarna behöver inte överlappa varandra utan kan ställas kant mot kant.

Nackdelarna däremot är att materialet smälts, vilket leder till att tunna stycken kräver skicklighet för att sammanfogas, och ifall fel förekommer är det svårt att ta isär bitarna igen. Svetsning utan robot kräver också utbildning, vilket i vissa fall kan ses som en nackdel, eftersom vem som helst inte kan göra jobbet. Dock enligt VD:n för Protoni-Engineering finns det inte brist på svetsare i Finland, så han ser det inte som en nackdel.

Det är svårt att säga vilken som är den moderna svetsningsmetoden, eftersom olika svetsningsmetoder används för olika ändamål, det vill säga den som passar tillverkningen bäst. Förutom de två tidigare nämnda metoderna används idag även bland annat friktionssvetsning, punktsvetsning, lasersvetsning och gasmetallbågssvetsning, som även används av robotarna i den tillverkade svetsningsstationen. Gasmetallbågssvetsning, MIG- eller MAG-svetsning, fungerar så att då arbetsstycket är negativt laddat och svetspistolen igen positivt laddad uppstår det en ljusbåge mellan styckena då de förs nära varandra. Svetspistolen skjuter konstant ut skyddsgas som skyddar ljusbågen från atmosfären runt omkring vilket leder till att svetsfogen blir bättre och mer hållbar. Se figur 7.



Figur 7 MIG- eller MAG-svetsning

I takt med att företag globaliseras och i takt med den ökade andelen av arbetskraft som tas in från andra länder är det viktigt att det finns internationella standarder för svetsning. Enligt en undersökning som gjordes av Statistikcentralen i Finland ökade andelen arbetskraft från utlandet med 6,6% mellan åren 2000-2006 i hela landet. Andelen arbetskraft som arbetar med svetsning framkommer inte i undersökningen, men utlandsarbetskraft förekommer nog även inom denna sektor. På Protoni-Engineering till exempel består arbetskraften till 25 % av arbetare från andra länder. (Statistikcentralen)

Standardernas syfte är att skydda arbetarnas hälsa och eliminera eventuella farliga situationer som orsakas av annan kultur och andra vanor. I svetsningen lägger man bland annat stora krav på att rena luften som svetsaren andas in. Enligt ISO 10882-1:2011 skall masken som svetsaren har på sig hålla en reningsgrad på inte mindre än 99,5% för partiklar med en diffusionsdiameter på $0,3\mu\text{m}$. (SFS EN ISO 10882-1:2011, 6.1.3). Testningen görs med en för ändamålet gjord apparat som placeras innanför masken på arbetaren, så nära munnen som möjligt.

4.3 Svetsningsrobotar

Robotsvetsning har blivit allt vanligare inom stora företag med stort flöde av produkter. Inom bilindustrin har den funnits med länge, och det är även där utvecklingen sker först och syns mest. Robotarna är dyra att investera i, men enligt Leimet Oy:s VD Jorma Leino,

betalar sig roboten tillbaka inom 2-3 år. Siffran varierar dock från företag till företag beroende på omsättning och produktionsflöde, samt typen av robotar.

Under min tid på Protoni-Engineering Oy fick jag möjligheten att intervjua beställaren av svetsningsstationen Leimet Oy:s verkställande direktör Jorma Leino om deras tillverkning. Svetsningsrobotar har det funnits i huset sedan 1988 och idag görs i stort sett all svetsning med robotar.

Faktum är att robotar är skickligare på att svetsa samma delar upprepade gånger, dessutom gör robotarna det 24 timmar i dygnet, 365 dagar i året, om företaget så vill. Idag skulle Leimet knappast klara sig utan sina robotar. För att de ska kunna hålla upp den goda kvaliteten och kvantiteten utan att den ena påverkas av den andra negativt, måste robotarna finnas där.

För de flesta företag kommer den dagen då första roboten skall skaffas. Vid anskaffning av till exempel svetsningsrobotar finns det flera saker att beakta inom tillverkningen.

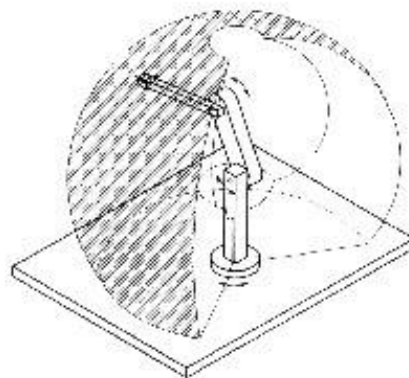
En av fördelarna med robotar är att de upprepar en rörelse som programmerats in flera gånger med en felmarginal på under 1 millimeter.

I svetsningsstationen används två robotarmar för svetsning, mycket tack vare den stora arbetsrymden som varje robotarm har, se figur 8. Dessutom har den sex led vilket ger robotarmen en förmåga att kunna fungera nästan som en människoarm. Armen lämpar sig även bäst för den typ av svetsning som utförs vid stationen.

Eftersom roboten är programmerad för att göra ett program flera gånger, är det viktigt att de svetsade bitarna inte varierar i storlek eller position. En robot kan visserligen i sitt minne ha flera program, men att byta program flera gånger under en arbetsdag lönar sig sällan.

Vid svetsningsstationen som utvecklades används två robotarmar för bågs svetsningssvetsning och en robotarm för att flytta delarna.

Leimet Oy strävar i sin produktion att tända elektroden så få gånger som möjligt under svetsningen av bergskon. Det är en av orsakerna till att bergskon hålls i luften under den sista svetsningen. Då den hålls av robotarmen kan



Figur 8. Robotarm med 6 led

svetsroboten enklare komma åt stora ytor på svetsstycket utan att bryta ljusbågen, och tända på nytt. Tändningen försvåras eftersom det ofta bildas slagg som blir kvar i tråden efter varje svetsning. Ett problem i tändningen kan i värsta fall stanna upp produktionen, vilket kostar tid och därmed pengar. Sådana små detaljer är viktigt att fundera på då roboten planeras, skaffas och körs in.

4.3.1 Säkerhet kring robotar

Säkerheten kring industrirobotar är prioritet ett på alla fabriker som har dem. För att skydda medarbetarna från skada omringas arbetsroboten av ett säkerhetsområde som avskärmas från fabriksgolvet genom ljusbommar eller vanligt stängsel. Trots säkerhetsåtgärderna sker det olyckor med robotar. Vanligen sker olyckor då ett fel förekommer, antingen i programmet eller genom att någon komponent gått sönder. Enligt ISO 10218-1:2011-standardén skall roboten sänka sin hastighet till 250 mm/s, eller under, då någon vistas inne på robotens arbetsområde. Olyckor sker till exempel då detta kommando inte går till roboten på grund av något fel.

Innan en svetsningsrobot kan börja svetsa skall den köras in och justeras rätt för ändamålet. Varje bergskomodell på Leimet har ett eget program i robotens minne. Då inkörningen eller justeringen sker står en arbetare bredvid roboten och kontrollerar manuellt att rörelserna går rätt till. I detta skede är det viktigt att roboten håller en låg hastighet då den flyttas från en position till en annan, det är också under liknande procedurer som de flesta olyckor sker.

Eftersom robotens styrka är mångfaldig jämfört med en människa och roboten är programmerad till att flytta sig från en punkt till en annan kommer den att sträva efter att genomföra rörelsen, även om något står i dess bana.

Oftast programmeras en låskrets in i programmet så att roboten inte rör sig ifall till exempel en dörr är öppen eller en säkerhetsstråle är avbruten. För att kunna köra roboten igen måste, självklart, dörren stängas och larmet kvitteras från en knapp som är placerad så att den inte nås inifrån robotens arbetsområde. Ifall arbetsområdet är skyddat med en ljusstråle, räcker det ibland med att enbart kvittera larmet. Då roboten däremot körs in har arbetaren en panel med ett dödmansgrepp som stoppar robotens rörelse ifall knappen

släpps, knappen måste alltså vara intryckt då robotarmen skall köras. Det finns även skäl att utrusta robotsystemet, i detta fall svetsningsstationen, med en avbrottsfri kraftförsörjare, UPS, som ser till att roboten körs ner säkert ifall ett strömavbrott inträffar.

5 Kravspecifikation

Transportbordet, vilket uppgift var att transportera ut bergskorna från det avskärmade området, skulle vara av ett sådant material att det tålde att transportera heta svetsstycken. Det skulle vara enkelt att sammanställa, men inte så enkel att det skadade kvalitén, och det skulle kunna sammanställas på Protoni-Engineerings fabrik varifrån det med lastbil skulle transporteras till kunden.

Bordet skulle ha en bredd på 1200 mm, en höjd på 750 mm och en längd på 1500 mm. Längden påverkades av två faktorer; hur mycket plats som fanns på Leimets fabriksbolv och av hur mycket plats fyra stycken bergskor, av största modell, skulle ta på transportbandet. Bordet skulle även vara delat i två skilda band, med en motor per bord, så att avlastningen inte behöver göras direkt efter att bergskorna var färdigt svetsade. Kunden ville ha en fungerande helhet där transportbordet inte fick vara den svagaste länken i svetsningsstationen.

Förvaringsborden skulle tillverkas av samma material som transportbordet och vara tillräckligt låga så att delar som förvarades ovanpå bordet kunde nås utan hjälpmedel. Bredden bestämdes av den standardiserade Europallen, det vill säga bredden skulle vara minst 800 mm på det smalaste stället. En våning skulle hålla en vikt på 500 kg. Två olika förvaringsbord skulle tillverkas, ena som rymde 1 pall per våning och den andra skulle rymma 1,5 pallar per våning. Maximala längden fick dock vara högst 1850 mm.

6 Transportbordet

Eftersom området kring robotarna och svetsningen är skyddat av ett säkerhetsområde och ett skynde, måste bergskon transporteras ut ur zonen mekaniskt. Då bergskon är färdigsvetsad flyttas den med hjälp av robotarmen direkt på transportbordet som för den ut

ur robotens arbetsområde. Sammanlagt 6 bergskor transporteras ut ur zonen samtidigt. Transportsträckan är uppdelad i två bord, vilket möjliggör att flera bergskor kan placeras på bordet innan de lastas av bordet.

Båda borden är försedda med sensorer på ändan som känner av då produkten kommer dit, sedan skickas en signal iväg som stannar motorn. Ifall sensorn i slutet av transportsträckan är öppen, det vill säga ingen produkt ligger på bordet, kommer motorn att startas igen och produkterna flyttas till det andra bordet. Figur 16 visar hela transportbordet.

Tillverkningen skulle hållas inom en viss budget och detta kontrollerades relativt ofta under planeringen med hjälp av uträkningar på MS Excel och en så kallad Bill of Material, BOM.

6.1 Planering

”Att planera är att flytta framtiden till nutiden så att man kan göra något åt den”

-Alan Lakein

Transportbordets uppgift är relativt enkel och det innehåller heller inte så många rörliga delar. Av säkerhetsskäl måste de delar som rör sig täckas in, eller skyddas så att inga olyckor kan ske på grund av att något fastnat i dem. Själva skelettet gjordes så enkelt som möjligt bland annat för att hålla kostnaderna nere och undvika användningar av komplicerade metoder under tillverkningen.

I planeringen skulle man även beakta vad som var möjligt att tillverka på Proton-Engineerings fabrik i Ylöjärvi.

Stål valdes som material eftersom det är lätt att bearbeta och svetsa samt att stål är ett känt material som det har forskats mycket kring, vilket underlättar uträkningen av materialhållfasthet och användningsområde.

Vikten prioriterades mindre, eftersom bordet skulle stå fast i fabriksgolvet. Endast vid transport från fabriken till kunden har vikten betydelse.

Höjden på bordet lades till 750 mm. Måttet togs från ett tidigare bord, och är anpassat till arbetarna då de flyttar produkter bort från bordet. I första utkastet hade vi en justerbar höjd på bordet, men eftersom det krävs två truckar att ändra höjden på bordet konstaterade vi att detta var en onödig detalj. En justerbar höjd på bordsbenen skulle även ha försämrat bordsbenens hållbarhet, samt krävt mer tid vid tillverkning.

Ett annat mål var att så långt som möjligt använda stålrör av samma dimension. Med detta skulle man minska på mängden överblivet stål, samt undvika beställning av flera olika rördimensioner. Med flera olika dimensioner ökar risken för fel i tillverkningen.

Eftersom vikten på bordet inte prioriterades så högt beaktades materialstyrkorna inte på bordsskelettet så noga. Bordsskelettet belastades inte heller på samma sätt som de minde komponenterna på bordet, vilket ledde till att stålrören till skelettet överdimensionerades till viss del så att de säkert skulle hålla.

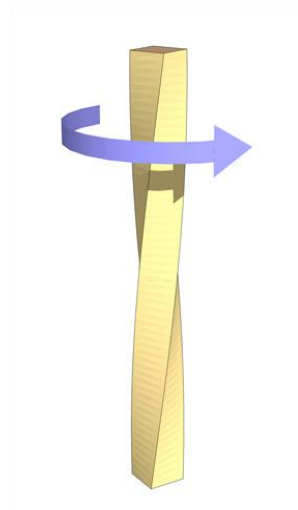
Uträkningar med materialstyrkor koncentrerades mer på mindre komponenter och axlar i bordet.

Transportbandet drivs av en elmotor, vilket tvingade oss att hålla vikten nere på själva bandet och axlarna, för att inte tappa effekt på grund av att själva komponenterna vägde överdrivet mycket.

Bandet drevs med en elmotor som placerades i ändan av bordet. Motorns drivaxel var fast med en hylsa i en 1200 mm axel. I båda ändorna av 1200 millimeters axeln satt ett kedjehjul som drev kedjan. Fast i kedjan svetsades 40x6x1200 mm stålplåtar som fungerade som golv för transportbandet. Se figur 19.

Det var viktigt att få axelns diameter rätt, så att den inte var onödigt grov för att sedan tillägga onödig vikt, men inte heller för svag.

Risken med en för svag axel är att den eventuellt kan vridas av vid drift. Se figur 9. Dessutom växer risken ju längre axeln är. I transportbordet drevs den ena ändan av axeln av en motor och i andra ändan drev axeln en kedja. Vridningen kan ske då transportbandet sätts igång eller då vikt lastas på bandet.



Figur 9. Vridningen av en fyrkantigstång syns tydligt om momentet blir för stor. Liknande vridning kan även ske hos en rund axel

För att försäkra oss om att ingen vridning sker bestämdes diametern enligt formel,

$$\frac{M_v}{D^3},$$

där D är diametern i mm och M_v är vridmomentet i Nm.

I formeln tillåter vi att axeln vrider sig 5 milliradianer/meter (mrad/m), men i verkligheten kan vi tillåta mera. Detta betyder att vi kan välja en mindre axeldiameter än vad formeln ger oss utan att oroa oss för att axeln vrids och förstörs.

Kedjehjulen valdes väldigt långt beroende på storlek och utbud. Idén var först att transportbandet skulle snurra innanför utrymmet på en U-balk, men för att få ut maximala användningsarean av transportbandet valdes dock att bandet med produkter på rörde sig ovanpå U-balken, och sedan återvände mellan U-balken. Se bilaga 2.

Detta betyder att kedjehjulen skulle vara tillräckligt små för att passa emellan U-balken och placeras på en sådan höjd att då bandet hade produkter på skulle det inte ta i övre ytan på U-balken för att sedan skapa onödig friktion. Att kedjan rörde sig på översidan av balken, då den hade produkter på, var även en säkerhetsfaktor i den mån att ifall för stor vikt lastades på bandet, skulle inte axeln ta skada, istället skulle U-balken då fungera som ett stöd.

Kedjan valdes dels på basen av 40x6x1200 mm stålplåtarna (som fungerar som transportbordets yta). Delningen på kedjan bestämdes till 31,75 mm och eftersom plåten enbart svetsas på varannan ögla betyder det att mellanrummet mellan varje plåt även blev 31.75 millimeter. Se bilaga 3.

Valet av kedjan hade lite med dess hållbarhet att göra. Kedjor är mycket hållbara och starka även vid mindre delningar, vilket gav oss fria händer gällande valet av delning. Den avgörande faktorn var priset och vikten på kedjan. Som kedja valdes en DIN 8187, mycket tack vare tillgängligheten av varan samt tidigare erfarenhet av produkten.

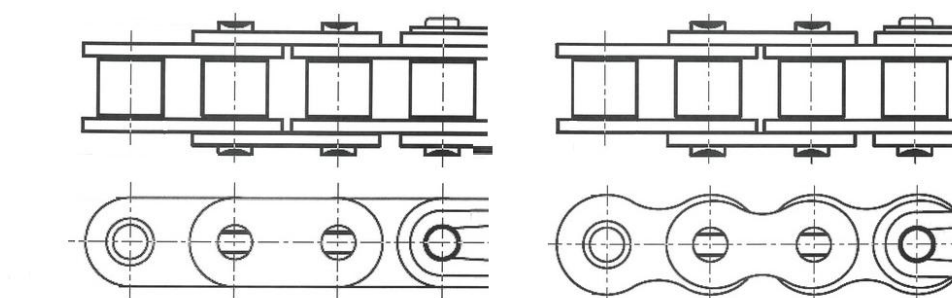
Eftersom totala lasten på transportbandet inte överskrider 2400 N, hade brottgränsen en mycket liten betydelse i valet. Som tidigare nämdes drevs kedjan av en elmotor, vilket lade större prioritet på kedjans vikt. Vid tillverkningen hade en bredare delning på kedjan underlättat svetsningen av plåten, men eftersom vi med en kortare delning sparade upp till 28 kg i vikt och upp till 1500 € brutto per bord var en mer utmanande svetsning, och

kortare delning ett självklart val.

I ett senare skede konstaterades att en Rexnord GL-kedja skulle ha varit ett bättre alternativ med tanke på tillverkningen och fastsvetsningen av flatjärnen. Skillnaden på den som vi använde och Rexnord GL syns i figur 11.

Delning [mm]	Pris €/m	Vikt kg/m	Brottgräns kN
31,75	132,7	3,7	95 000
38,1	249,6	6,9	160 000
44,45	410,4	8,6	200 000

Figur 10. Figuren visar pris, vikt och brottgräns skillnaden för kedjor med olika delningar.



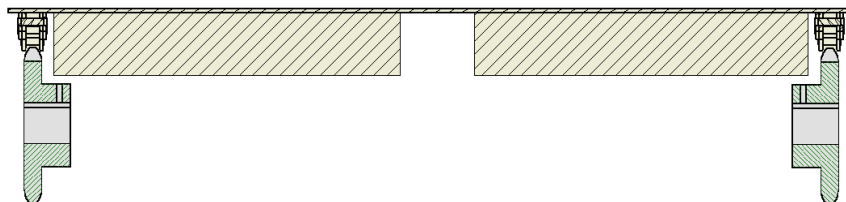
Figur 11. På vänster sida en bild på Rexnord GL-kedjan och på höger en bild på den kedja som användes i bordet. Bilden är hämtad från Etra Oy:s hemsidor.

Förutom tunga delar minskar även friktion effekten på motorn. I planeringen strävades därför efter att undvika kontakt mellan rörliga metalldelar och bordets skelett, men kravet fick inte försämra transportbandets stabilitet eller funktionalitet.

Risken med att ha kedjan enbart vilande på kedjehjulen är att den har större chans att ramla av kedjehjulen vid eventuella smällar från sidan, eller då något dras av åt sidan på transportbandet.

För att lösa problemet lades tre fyrkantiga rör lägst med transportbandet. Dessa rör höjdes upp så att de stödde transportbandet. För att undvika friktion mellan metall och metall placerades en 12 millimeter tjock hårdplastskiva på stålrören, se figur 13.

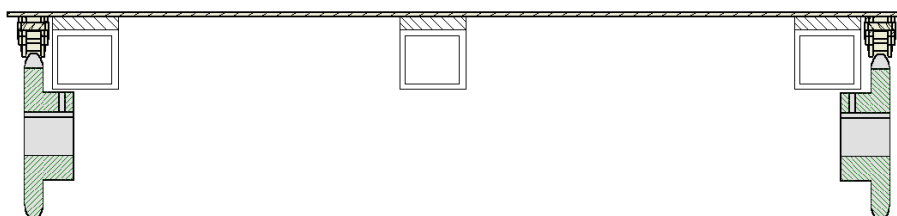
För att eliminera risken att kedjan, och transportbandet, skulle ramla ner från kedjehjulen, och för att skapa stabilitet i transportbandet, planerades först att fästa L-balkar mellan kedjorna. L-balkarna skulle samtidigt fungera som tak för transportbandet samtidigt som de skulle skapa stabilitet, se figur 12.



Figur 12 visar en genom skärning av L-balken och kedjehjulet. L-balken är skuren på 3 ställen, vid ändorna där kedjan komer och i mitten där ett fyrkantigt rör placeras för att skapa stabilitet samt för att undvika nerböjning

Att ersätta de vanliga plattorna med L-balkar skulle ha varit ett effektivt sätt att både skapa stabilitet och minska risken för att kedjan skulle hoppa ur. Ekonomiskt sett var det inte heller en dyr lösning, men eftersom ett transportbord hade sammanlagt över 80 ställen där L-balken skulle fästas, konstaterades att arbetsmängden var för krävande och onödigt komplicerad för att genomföras.

Istället valdes raka plattor och som stöd lades tre stycken fyrkantiga rör som stöd för plattorna och kedjan, se figur 13.

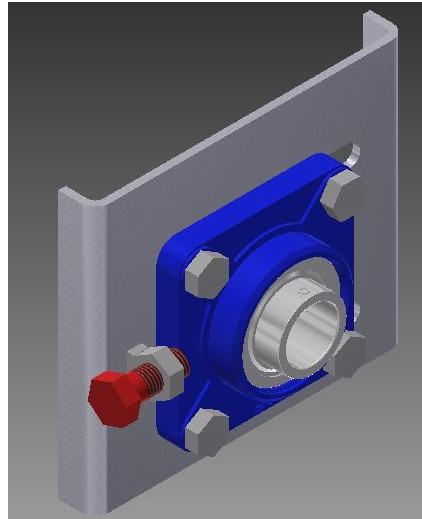


Figur 13. Figuren visar i genomsnittsskärning samma ställe som i figur 12, men nu har man istället för L-balken valt att lägga vanliga plattor med rör som stöd. Ovanför rören finns en hårdplast skiva för att minska på friktionen.

En nackdel med alla kedjor är att de drar ut sig och blir lösa i det långa loppet. Eftersom det är viktigt att kedjan hålls spänd, var vi tvungna att utveckla en lösning där kunden hade möjligheten spänna kedjan på ett enkelt sätt utan att behöva byta ut delar.

I lösningen såg vi på hur kedjan spänns på cyklar och mopeder. I transportbordet kunde ena ändan av bandet flyttas genom att spänna en bult. Kullagret med axeln var fastbultade på en upphöjd ställning, ställningen var fastsvetsad i transportbordet, men kullagret var

flyttbart. Genom att skruva på bulten kunde man flytta kullagret, och på så sätt spänna kedjan. Kullagerställningen kunde flyttas 31,75 mm, vilket motsvarar delningen på kedjan. För att spänna kedjan var man tvungen att lösa upp de fyra muttrarna som höll kullagerställningen på sin plats, det var viktigt att kullagret inte flyttade på sig då man körde transportbandet, men i det stora hela behövde kunden enbart en skiftnyckel för att spänna systemet. Figur 14 visar systemet för spänning av kedjan.



Figur 14. Figuren visar systemet för hur man spänner kedjan på transportbandet. Genom att skruva upp de fyra bultarna som håller lagerställningen på plats och spänna på den, i bilden, röda bulten spänner man kedjan

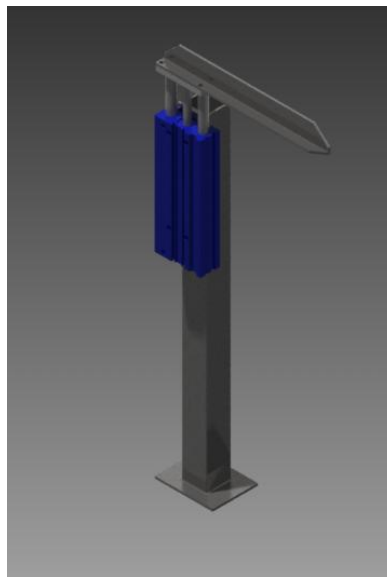
En av de tre robotarna, den mittersta, är enbart till för att lyfta och flytta svetsstycken. Då roboten lyfter den färdigt svetsade bergskon på transportbordet kommer bergskon att greppas av en ställning som hindrar, och försäkrar, att svetsstycket inte följer med robothanden då den släpper taget. Ställningen är placerad på mitten av ena ändan av bordet och är uppbyggd på ett mycket enkelt sätt. Se figur 15. Placeringen är på mitten av bordet eftersom robotarmen måste kunna placera bergskon på transportbordet från båda sidorna. En pneumatikcylinder är fastsatt på ett stålrör och på cylinderns rörliga axel finns fastskruvat ett ”finger”. Det är fingret som trycker bergskon mot transportbandet och hindrar den att röra sig. Det räcker med att trycka ner bergskon i transportbandet eftersom ingen stor kraft behövs för att ta ut robothanden från arbetsstycket. Robothanden har en egen greppare som placeras på insidan av kronan på bergskon då den lyfter.

Då roboten placerar bergskon på transportbandet är bergskon i ett onaturligt läge. Det vill säga att den hålls liggande på ena kanten eftersom robotarmen fortfarande håller den på plats.

Ifall robotarmen skulle släppa taget av bergskon utan en ställning skulle bergskon börja

falla och hamna i sin naturliga ställning, liggande på ena sidan, stålstängerna snett uppåt direkt då roboten släpper taget. Detta skulle både kunna skada robotarmen eller i värsta fall bidra till att bergskon faller av bordet.

Ställningen är alltså till för att hålla bergskon i det onaturliga läget tills robotarmen har släppt taget och är på ett säkert avstånd från transportbordet. Efter att robotarmen är borta släpper ställningen taget och låter bergskon falla till sin naturliga ställning där den får ligga tills den lastas av.



Figur 15. Figuren visar grepparen med den pneumatiska cylindern

6.1.1 Val av drivmotor och växel

För att driva transportbandet vände vi oss till SEW-Eurodrive som är en känd tillverkare av elmotorer och växlar. Eftersom transportbordet skulle röra sig med en hastighet på 2 m/min var vi tvungna att använda oss av en växel. För att spara på kostnaderna och eftersom kraften i SEW:s drivmotor var tillräckligt stor kunde vi använda oss av en relativt liten motor. Jämfört med tidigare bord använde vi oss av en 0,60 kW mindre motor, den stora skillnaden kan dock förklaras med att vikten som motorn skulle driva var avsevärt minde än i andra bord.

För att spara utrymme ville vi att den drivande motorn skulle sitta längsmed bordet, vilket betydde att vi skulle använda oss av en växel som böjde axeln 90°. För att åstadkomma

detta hade vi tre alternativ att välja mellan, kugg-, vinkel- eller snäckväxlar. Alla fungerar med kugghjul, dock finns klara skillnader mellan alternativen. Vinkelväxeln är den dyraste av de tre eftersom tillverkningen av den är mer krävande. Enligt dokument av SEW har kugg- och vinkelväxlarna en verkningsgrad på 94 till 98 %, beroende på antalet kugghjulssteg, då motsvarande siffra för snäckväxeln till och med kan sjunka till under 50%.

I normala fall har snäckväxeln en hög verkningsgrad, enligt boken *Koneenosien suunnittelu* har de moderna snäckväxlarna en verkningsgrad på ungefär 90 %, och SEW säger att deras snäckväxlar håller en normalt högre verkningsgrad. Verkningsgraden hos snäckväxeln kan sjunka ifall utväxlingen är mycket stor. Snäckväxeln kan dock inte komma upp till samma höga verkningsgrad som vinkelväxeln eftersom kuggformningen i snäckväxeln skapar hög friktion. Friktionen är också högre under de första körningarna av växeln då kuggarna ännu inte är fullständigt inslipade, detta påverkar även verkningsgraden. Efter en drifttid på ungefär 288 timmar kan man vänta sig att motorn ger ut den rätta verkningsgraden, se figur 16. Drivmotorns verkningsgrad påverkas dock även av andra faktorer som till exempel driftstemperatur och rätt smörjningsmängd.

	Snäckväxel	
	i-område	η -reducering
1 ingång	ca. 50 ... 280	ca. 12 %
2 ingångar	ca. 20 ... 75	ca. 6 %
3 ingångar	ca. 20 ... 90	ca. 3 %
4 ingångar	-	-
5 ingångar	ca. 6 ... 25	ca. 3 %
6 ingångar	ca. 7 ... 25	ca. 2 %
7 ingångar	-	-

Figur 16. Tabellen är tagen från SEW-Eurodrive och visar hur många procent verkningsgraden (η) sjunker vid olika utväxlingar (i). Kolumnen längst till vänster visar vilken inkörningsfas man befinner sig i. Enligt SEW varar en inkörningsfas normalt 48 timmar.



Figur 17. Figuren visar skillnaden mellan vinkelväxeln, till vänster, och snäckväxeln, som användes på transportbordet.

6.2 Tillverkning av överföringsrullen

Eftersom svetsningsområdet var avskärmat från resten av fabriken och för att underlätta avlastningen var transportborden delade i två individuella bord. För att möjliggöra en smidig överföring från det ena bordet till det andra placerade vi en överföringsrulle mellan borden. Eftersom kullagerställningarna, vid varje axel, var så breda att det var omöjligt att placera borden så att transportbanden skulle vara så nära varandra att bergskon inte skulle fastna mellan borden, var en överföringsrulle den mest fungerande lösningen. Alternativet var att enbart placera en plåt där det blev ett gap, men på grund av att risken att bergskon skulle fastna vid övergångsstället var större, bestämdes att en rulle var det säkraste lösningen.

Överföringsrullen fick inte röra vid någondera av transportbanden utan drevs med hjälp av en kedja som drevs av ena transportbandets axel, se figur 18.

Själva rullen var ett större stålrör, som var fastsvetsat i två axlar, en på vardera sidan. Axlarna hölls på plats med liknande lagerställningar som på övriga bordet, och lagerställningen var fast bultad i en bockad plåt. Det som var viktigt med överföringsrullen var att den var flyttbar. Eftersom överföringsrullen var fast i ena axeln på transportbandet, betydde detta att överföringsrullen måste flytta med då kedjan på transportbandet spändes.

För att lösa mobilitetproblemet placerades hela rullen på två platta stänger som satt fast på undersidan av båda borden. Hålet där bulten satt var urskuren så att hela ställningen kunde flyttas 35 mm, vilket i stort sett motsvarar delningen på kedjan. Då överföringsrullens ställning måste flyttas för hand var det viktigt att hålla vikten nere. För att försäkra oss om att viktnedskningen inte påverkade ställningens hållfasthet negativt kunde vi med formeln nedan försäkra oss om att nedböjningen inte blev för stor.

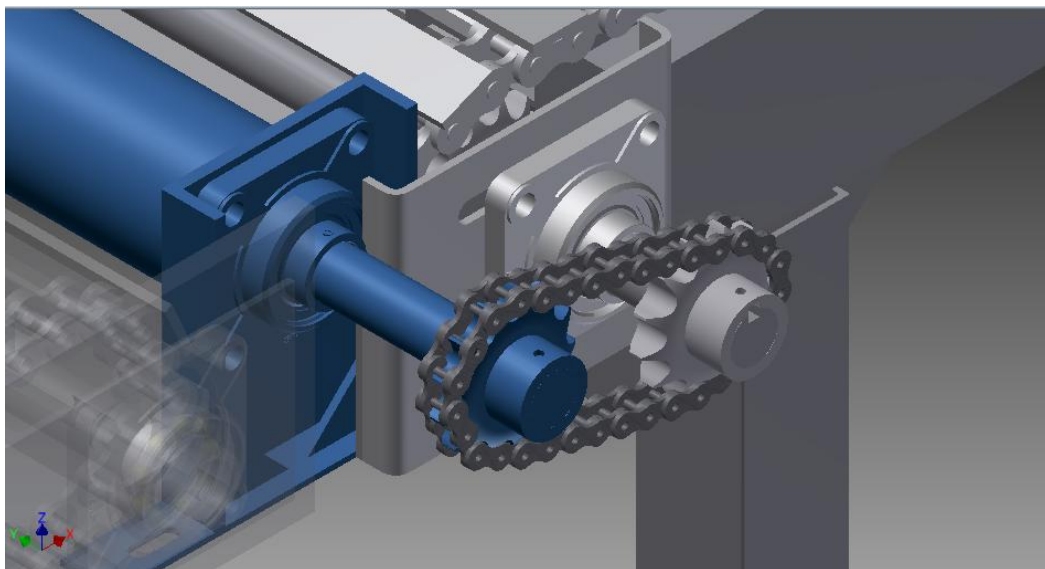
P = Vikten [N]

L = Längden [mm]

E = materialets E-modul [N/mm^2]

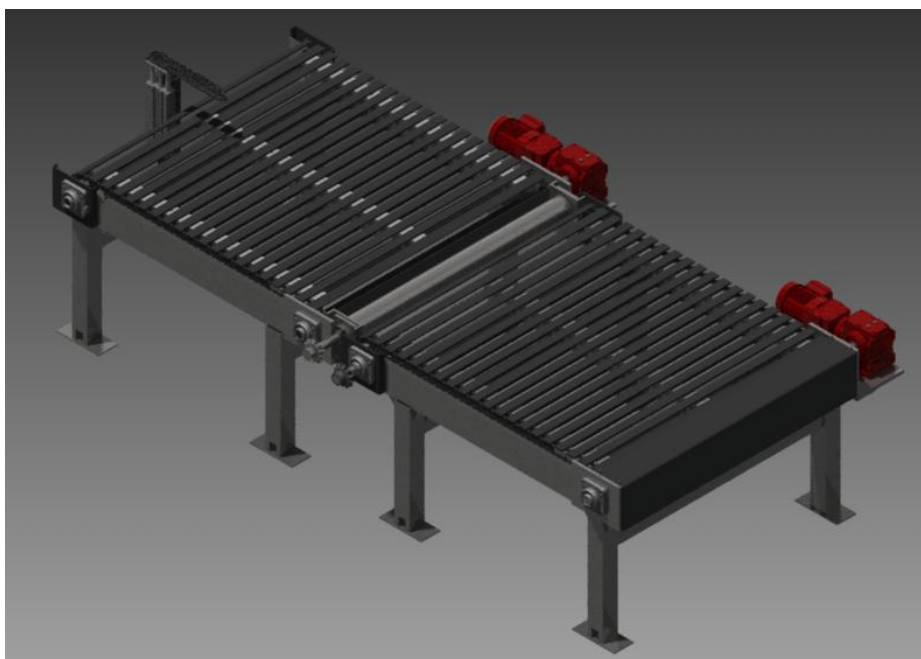
I = Profilens tröghetsmoment [mm^4]

Nedböjningen blev ungefär 2.5 mm då hela bergskons vikt lades på en punkt. Eftersom all material är elastiskt kan en liten nedböjning, som detta, godkännas.



Figur 18. Bilden visar hur överföringsrullen drivs med hjälp av en förlängd bakre axel på transportbordet. Överföringsrullen är färgad blå, och nere till vänster på bilden syns hur bulten är fastsatt.

Totalvikten på överföringsrullen blev 14 kg. Största delen av vikten kommer från det 1200 mm långa stålröret som går tvärs över med transportbandet. En del vikt kunde ha sparats genom att fräsa bort onödigt material, men vikten skulle ändå inte ha sjunkit under 11 kg, och arbetsmängden hade ökat drastiskt, därför beslöts att ställningens design inte skulle ändras.



Figur 19. Hela transportbordet med överföringsrullen och grepparen.

7 Förvaringsborden

Förvaringsborden tillverkades med samma princip som transportbordet, det vill säga så långt som möjligt skulle man hålla samma dimensioner på stålrören.

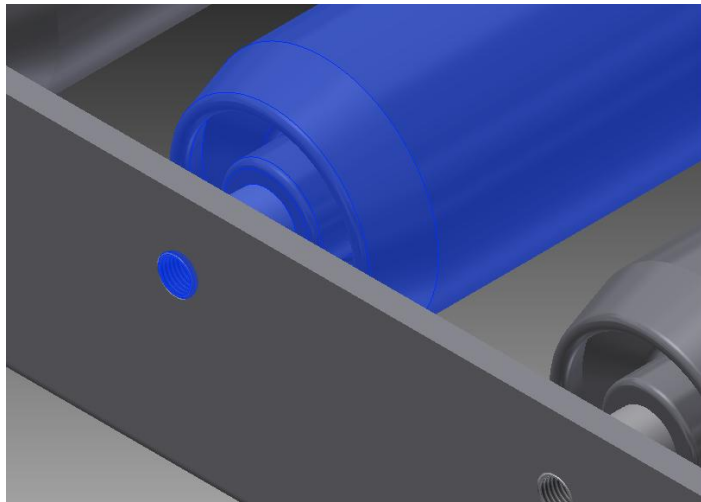
Förvaringsbordet placerades nära den ändan där laddningen av svetsningsstationen skedde. Delarna som laddades förvarades på bordet.

Uppgiften var att ta fram två olika storlekars bord för förvaring, ett mindre och ett långt bord, maximala längden på det längsta bordet var 2000 mm och 1400 mm på det mindre bordet. Höjden lades till 1200 mm på den högsta nivån, eftersom det var viktigt att det var enkelt att för hand kunna flytta delar från bordet till stationerna.

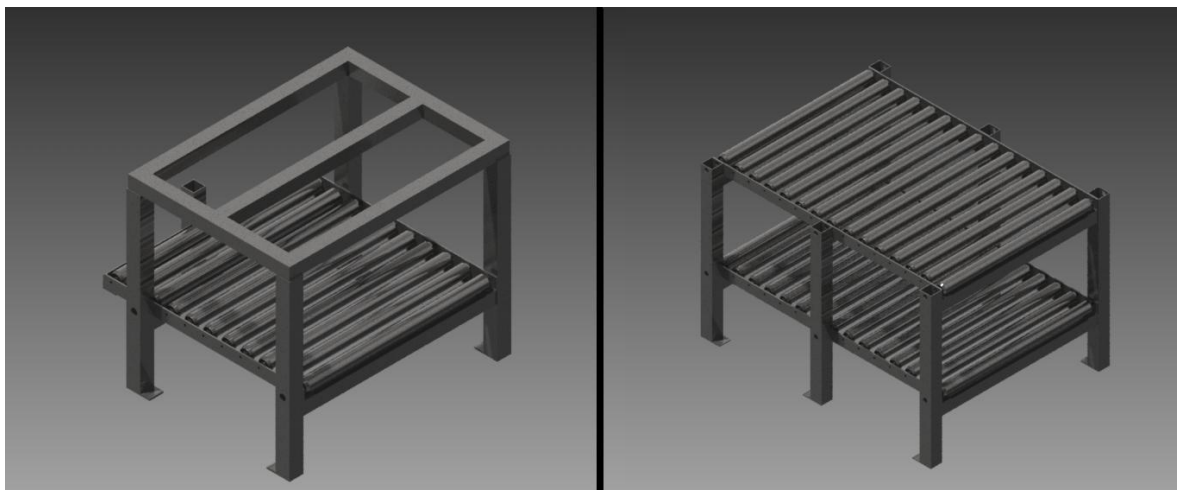
Skelettet för båda borden är uppbyggt av 90x90x4 mm stålrör, 80x80x4 mm stålrör som fungerade som stöd på ändorna och en L-balk som hålla transportrullarna på plats.

Till ändorna av bordet valdes en mindre dimension eftersom det skulle underlätta svetsningen en hel del. En mindre dimension på ändorna av bordet betydde att det lämnade 5 mm på vardera sida av 80x80 mm röret då det placerades mot 90x90 mm röret. Se figur 20.

Vinkeljärnet var till för att hålla transportrullarna på plats. Rullarna beställdes så att de hade ett 8 mm gängat hål på ändtapparna. Ändtapparna var 12 mm i diameter och rullarna placerades så att ändtapparnas ändor var i linje med vinkeljärnets bakre vägg, se figur 20. Detta betyder att varornas hela vikt kommer att bäras upp av 12 mm-tappen och vinkeljärnet. Enligt Lektar Oy, håller deras Alfa Roller en vikt på 120 daN, det vill säga 1200 N då rullens längd är 1200 mm och tappens diameter är 12 mm. Se bilaga 1. Ifall vikten överskrider 120 kg kommer vinkeljärnet att ge efter först, sedan rullen. Eftersom vinkeljärnet ger först efter, räknar vi att rullen klarar sig oskadad. En ökning i axelns diameter skulle visserligen ha gett en större hållbarhet, men eftersom varorna som placeras på bordet inte placeras på en rulle, det vill säga vikten sprids ut, var Alfa Roller ett fungerande alternativ. Priset per rulle stiger även märkbart, närmare 50 % då man byter från Alfa till exempel en Delta rulle. Se bilaga 1.



Figur 20. Figuren visar hur transportrullen är fastsatt i L-balken. Akseln är gängad på insidan där en bult, som inte syns på bilden, spänner rullen fast i L-balken.



Figur 21. Figuren visar de färdiga förvaringsborden, till vänster den kortare och till höger den längre.

8 Diskussion

Efter att ha påbörjat mitt arbete med transportborden och förvaringsborden märkte jag snabbt att jag hade mycket att lära mig inom produktutveckling, trots att jag behärskade CAD-programmen bra. Förkortningen KISS, keep it simple stupid, var något jag fick upprepa flera gånger under arbetets gång. Svårigheterna med CAD-program som Autodesk Inventor, SolidWorks, Pro/ENGINEERIN och CATIA med mera är att allt, i princip, är möjligt på datorn. Svårigheten är att kunna se, och förstå, vad som blir svårt eller opraktiskt att göra i verkstaden under tillverkningen.

Efter att ha arbetat med produktutveckling med CAD-verktygen i 3 månader kan jag bekräfta det som redan har sagts tidigare; kostnads-, vikt- och hållfasthetsberäkningar kan levereras till kunden redan innan produkten är levererad eller ens tillverkad. Att arbeta med lätta material, och sträva efter att ingen del i konstruktionen är överdimensionerad, skulle vara avsevärt svårare utan CAD-verktygen.

Att därtill ännu kunna hålla koll på ifall produkten håller sig inom ramen för budgeten innan själva tillverkningen börjar är en stor fördel.

I en allt mer automatiserad värld är kritikerna rädda för att robotar skall ersätta människorna som arbetare. Jag ställde samma fråga åt Leimet Oy:s VD, Jorma Leino, där robotar gör en stor del av arbetet.

Han svarade att man ska lägga robotar där människor inte kan arbeta och människor där inte robotar kan arbeta.

Källor

Airila Mauri, 1995, *Koneenosien suunnittelu*, Werner Söderström Osakeyhtiö, Porvoo, Hesinki, Jurva, WSOY

Esab Oy, http://www.esab.fi/fi/fi/news/upload/HU_2_06-2.pdf, 27.1.2012

Etra Oy, Information om kedja, www.etra.fi, 16.2.2012

G. Pahl och W. Beitz, 1995, *Engineering Design; A Systematic Approach*, Springer

Hurst Ken, 1999, *Engineering Design Principles*, Arnolds

Leino Jorma, VD Leimet Oy 2012, Intervju

Lektar Oy,
http://www.lektar.com/tekniikan_komponentit/rullat/fi_FI/rollven/, 27.2.2012

Nieminen Toni, VD Protoni-Engineering Oy 2012, Intervju

Rexnord, Information om kedja,
[http://www.molenberg.nl/downloads/Chain%20Rexnord%20Qualitaetsketten%20\(En\).pdf](http://www.molenberg.nl/downloads/Chain%20Rexnord%20Qualitaetsketten%20(En).pdf), 14.2.2012

Rotech Tooling Sweden, <http://www.robot-welding.com/home.htm>, 22.2.2012

SEW-Eurodrive, <http://www.sew-eurodrive.fi/download/pdf/11358874.pdf>, 20.2.2012

Society of Robots, http://www.societyofrobots.com/robot_arm_tutorial.shtml, 31.1.2012

Statistikcentralen, 2012, http://www.stat.fi/til/tyokay/2006/tyokay_2006_2008-07-04_tie_002.html

Svetsningskommisionen,
<http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/magmiggasmetallbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009917.html>, 31.1.2012

Bilder:

Bild 7, http://en.wikipedia.org/wiki/File:Twisted_bar.png, 16.2.2012

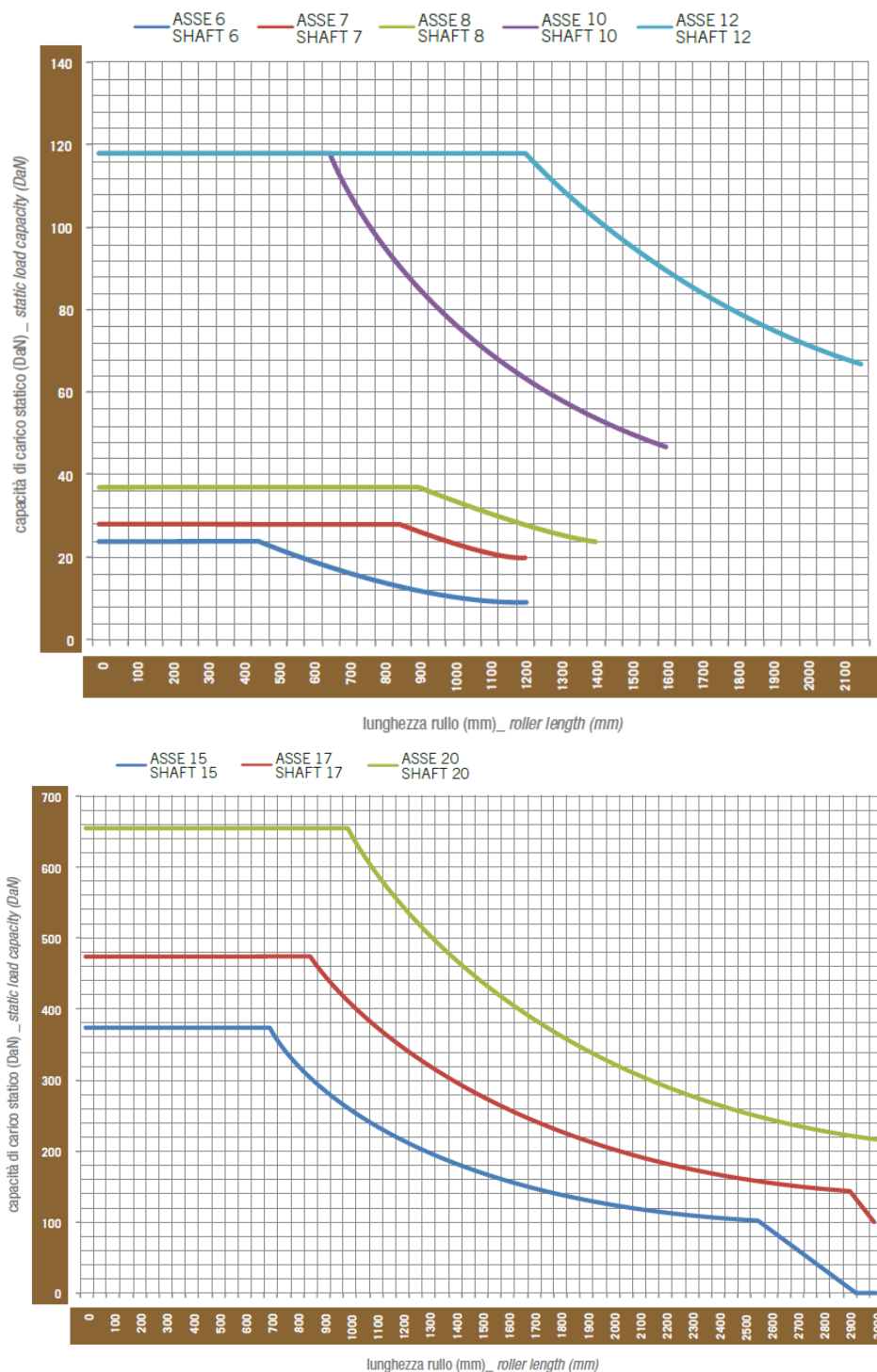
Bild 17, http://logosfoundation.org/instrum_gwr/synchrochord.html, 27.2.2012

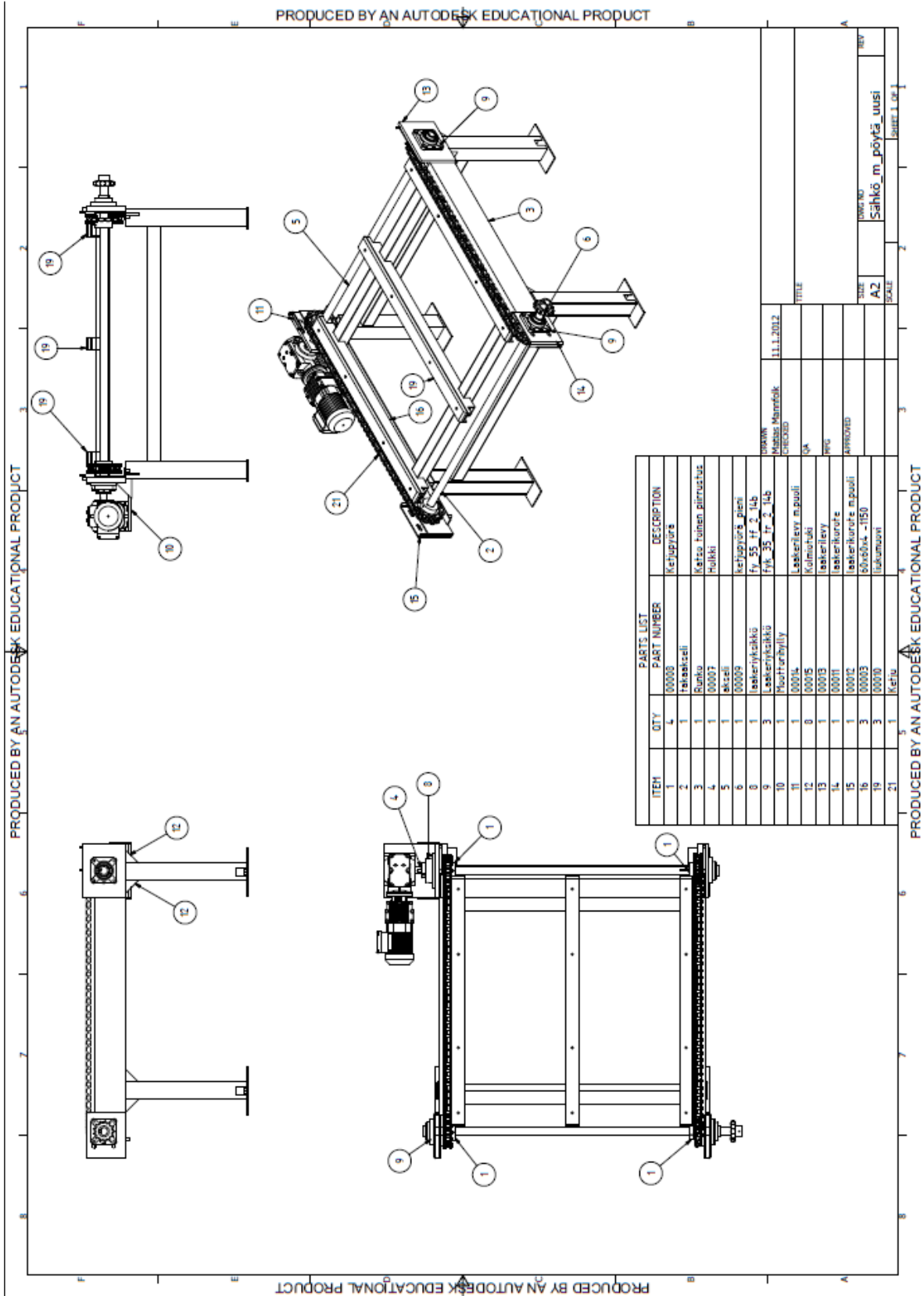
Bild 17, http://en.wikipedia.org/wiki/Spiral_bevel_gear, 27.2.2012

Bilagor

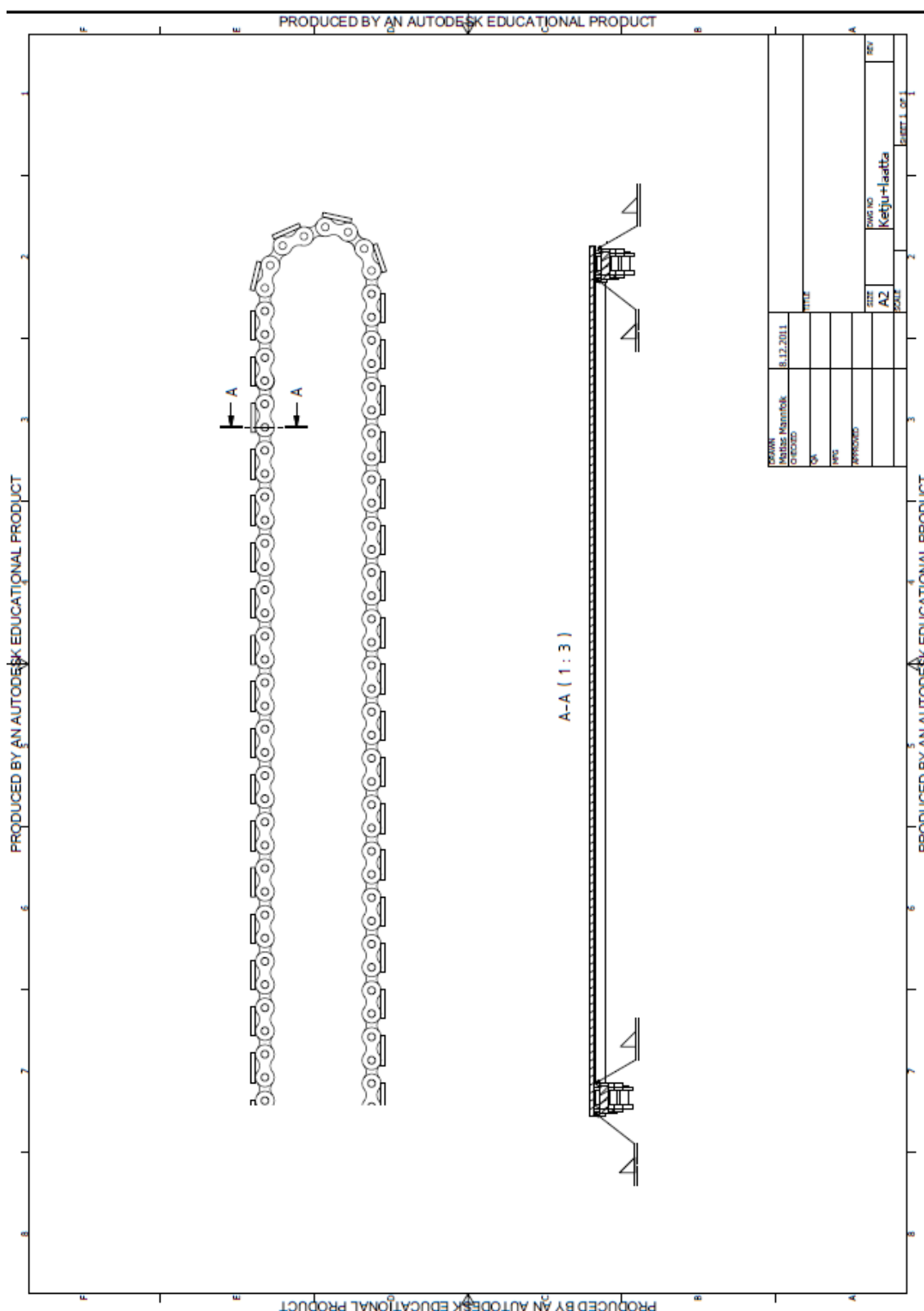
Bilaga 1

Diagrammen visar hållbarheten för transportrullens aksel vid olika längder och diametrar. I förvaringsborden användes en akseldiameter på 12 mm och längden var 1200mm. Övre diagrammet visar Alfa rullens hållbarhet och den nedre visar Delta rullens.





Bilaga 3



Bilaga 4

En urklippt del av layoutenritningen för svetsningsstationen på Leimets fabrik i Raumo.

